



## broncoscopia

# Simulazione di broncoscopia in realtà virtuale\*

## Una rivoluzione nell'addestramento alla procedura

Henri G. Colt, MD, FCCP; Stephen W. Crawford, MD, FCCP;  
Oliver Galbraith III, PhD

**Premessa:** Nell'industria aeronautica l'addestramento è costoso e dev'essere evitato ogni errore da parte dell'operatore. Perciò la realtà virtuale (RV) è routinariamente usata per apprendere, attraverso la simulazione, abilità manuali e tecniche prima che i piloti si assumano le responsabilità del volo reale. Nel campo della medicina, le abilità manuali e tecniche devono essere parimenti acquisite per effettuare con competenza procedure invasive come la broncoscopia flessibile a fibre ottiche (BFF). Fino a poco tempo fa, l'addestramento per la BFF e per altre manovre endoscopiche è avvenuto nella pratica su pazienti reali. Abbiamo ipotizzato che allievi giovani potessero acquisire rapidamente capacità di base utilizzando un centro di formazione in RV e che i risultati si potessero paragonare con quelli di allievi anziani addestrati con le metodiche convenzionali.

**Metodi:** Abbiamo effettuato uno studio prospettico su cinque broncoscopisti giovani che entravano a far parte di un corso di formazione in pneumologia e terapia intensiva. È stato insegnato loro ad effettuare una ispezione con broncoscopio flessibile utilizzando un centro di addestramento di broncoscopia in RV; destrezza, velocità e accuratezza sono state testate utilizzando il centro di addestramento ed un modello inanimato di vie aeree, prima e dopo 4 ore di istruzione di gruppo e 4 ore di pratica individuale non supervisionata. I risultati sono stati comparati con quelli di un gruppo di controllo di quattro medici esperti che avevano effettuato almeno 200 broncoscopie durante 2 anni di corso. Sono stati utilizzati i test t di Student per comparare i punteggi medi dei gruppi di studio e di controllo, sia per il modello inanimato che per il simulatore di broncoscopia in RV. I punteggi dei test prima dell'addestramento e dopo l'addestramento sono stati messi a confronto utilizzando il test t per dati appaiati. Per i confronti fra i punteggi degli allievi giovani dopo l'addestramento e dei medici esperti è stato utilizzato il test t per dati non appaiati.

**Risultati:** I broncoscopisti giovani hanno migliorato significativamente la loro destrezza e accuratezza in entrambi i modelli. Hanno tralasciato meno segmenti dopo l'addestramento rispetto a prima e hanno avuto meno contatti con la parete bronchiale. Non c'è stato nessun miglioramento statisticamente significativo nella velocità e nel tempo totale speso non visualizzando l'anatomia delle vie aeree. Dopo l'addestramento, la performance dei broncoscopisti giovani ha uguagliato o superato quella dei medici esperti. I primi hanno effettuato più esami completi e tralasciato meno segmenti in maniera significativa in entrambi i modelli: inanimato e di simulazione virtuale.

**Conclusione:** Un corso breve ed orientato di istruzione e pratica non supervisionata utilizzando un simulatore di broncoscopia virtuale, ha permesso agli allievi più giovani di raggiungere un livello tecnico e manuale, nell'effettuare un'ispezione broncoscopica diagnostica, simile a quello dei colleghi con diversi anni di esperienza. Queste abilità sono state rapidamente riproducibili in un modello di addestramento convenzionale inanimato delle vie aeree, suggerendo che potrebbero essere anche trasferite nella gestione diretta del paziente.

(*CHEST Edizione Italiana 2002; 1:44-50*)

**Parole chiave:** addestramento broncoscopia; simulazione computer; formazione medica; realtà virtuale

**Abbreviazioni:** BFF=broncoscopia flessibile a fibre ottiche; RV=realtà virtuale

\*Dall'International Pulmonary Section, Pulmonary and Critical Care Medicine Division, University of California-La Jolla Medical Center, La Jolla, CA.  
Manoscritto ricevuto in data 23 ottobre 2000; revisione accettata in data 15 marzo 2001.

Corrispondenza: Henry G. Colt, MD, FCCP, Professor of Medicine, Director, Interventional Pulmonary Services, UCSD La Jolla, 9310 Campus Point Dr, La Jolla, CA 92037-7372; e-mail hcolt@ucsd.edu

(*CHEST 2001; 120:1333-1339*)

La realtà virtuale (RV) è un ambiente simulato in cui gli utenti interagiscono con un computer ad alte prestazioni, grafica, software specializzato e dispositivi che forniscono un'esperienza visiva, tattile e uditiva, che riproduce perciò un ambiente di vita reale. Gli ambienti simulati di RV permettono agli allievi di ripetere esperienze procedurali a loro piacimento. Questi esercizi o procedure, condotte in ambito diverso, richiederebbero numerose sedute e costose ore di supervisione.<sup>1</sup>

Un tipo di esperienza comunemente accettata di RV è quello della simulazione di volo. Nel campo aerospaziale, nell'aviazione e nelle industrie militari, l'addestramento con simulatore di volo è indispensabile prima che i piloti si assumano le responsabilità del volo reale. In più, la simulazione di volo è regolarmente usata per aiutare i piloti delle linee aeree commerciali a mantenere le proprie abilità o per acquisire familiarità con i problemi che si potrebbero verificare giornalmente.<sup>2,3</sup>

Oggi nel campo della medicina la tecnologia simulativa sta diventando sempre più disponibile per imparare manovre invasive,<sup>4-8</sup> in quanto è poco plausibile che pazienti possano essere oggetto dell'addestramento alle procedure mediche invasive. Nella nostra esperienza l'addestramento nella pratica sui pazienti può portare al prolungamento delle manovre invasive, a possibili diagnosi errate, a maggiore disagio del paziente e ad un aumento del rischio di morbidità correlata alla procedura.

Lo scopo di questo studio è stato di appurare se medici meno esperti (allievi di pneumologia e terapia intensiva), utilizzando un centro di addestramento di broncoscopia virtuale, potessero acquisire rapidamente abilità tecniche di base, necessarie a svolgere le comuni procedure invasive endoscopiche diagnostiche come la broncoscopia flessibile a fibre ottiche (BFF). Abbiamo ipotizzato che abilità manuali come la destrezza, la velocità e l'abilità di ispezionare completamente l'anatomia tracheobronchiale, acquisite in un ambiente virtuale da allievi giovani, potessero essere applicabili alla broncoscopia flessibile in un modello convenzionale inanimato delle vie aeree. Abbiamo anche ipotizzato che le capacità manuali e tecniche, acquisite dagli allievi giovani dopo una interazione limitata nell'ambito dell'ambiente procedurale virtuale, potessero essere comparate con le capacità manuali e tecniche dimostrate da allievi più anziani (colleghi del terzo anno di pneumologia e terapia intensiva dello stesso corso di insegnamento universitario).

## MATERIALI E METODI

### *Soggetti e impostazione del corso*

È stato preparato un corso di 8 ore di insegnamento per familiarizzare cinque giovani allievi di pneumologia e terapia inten-

siva, durante i primi 3 mesi del loro primo anno di corso (il gruppo di studio primario comprendeva i soggetti da 1 a 5), con le tecniche base di BFF. Nessuno degli allievi era stato precedentemente istruito nelle procedure endoscopiche bronchiali.

Le prime 4 ore del corso includevano: (1) una sessione di gruppo di un'ora durante la quale gli allievi hanno osservato un video on-line sulla BFF fornito con un simulatore di broncoscopia (PreOp Endoscopy Simulator; HT Medical Systems; Gaithersburg, MD); (2) una panoramica di un'ora guidata da un istruttore, sull'anatomia tracheobronchiale e le tecniche d'ispezione di BFF, che includeva la manipolazione del broncoscopio flessibile a fibre ottiche, la postura dell'operatore e i metodi di ispezione dell'anatomia della trachea e dei bronchi segmentari. È stato anche fornito un commento critico del video on-line e una dimostrazione di tecniche alternative; (3) una sessione supervisionata di 2 ore d'istruzione di gruppo durante la quale ciascun individuo ha fatto pratica di BFF utilizzando il simulatore.

La seconda parte del corso di 8 ore consisteva in un massimo di 4 ore di pratica individuale non supervisionata utilizzando il simulatore. Queste sessioni di pratica dovevano essere completate nell'ambito di una settimana dopo la partecipazione alla sessione di addestramento di gruppo. A ciascun allievo era stata assegnata una password individuale per accedere ed usare il simulatore. Gli allievi erano stati informati che il software del simulatore registrava automaticamente l'ora e la durata di ciascuna sessione di pratica.

Quattro allievi anziani del terzo anno di pneumologia e terapia intensiva, con un addestramento documentato precedente in BFF, componevano il gruppo di controllo (soggetti da 6 a 9). Ciascuno di questi medici esperti aveva effettuato più di 200 procedure di BFF durante l'apprendistato presso il nostro istituto. I medici esperti erano considerati competenti in BFF e capaci di sostenere l'esame di certificazione in medicina respiratoria dell'American Board of Internal Medicine. Ciascuno inoltre, aveva precedentemente fatto pratica con la BFF utilizzando un modello inanimato di broncoscopia in un periodo qualunque durante il proprio apprendistato.

### *Simulatore di broncoscopia*

Il dispositivo in RV consiste in un broncoscopio flessibile simulatore, un dispositivo robotico e un personal computer con un monitor ed un software di simulazione (PreOp Endoscopy Simulator). Il broncoscopio flessibile simulatore è stato modellato su un broncoscopio flessibile a fibre ottiche convenzionale e fornisce immagini realistiche mentre l'utente naviga attraverso l'anatomia virtuale. Il dispositivo robotico traccia i movimenti del broncoscopio flessibile simulatore e riproduce tutte le forze avvertite durante un esame broncoscopico reale. Il monitor visualizza le immagini delle vie aeree (derivate da gruppi di dati TC) generate da un computer. Inoltre per essere anatomicamente corretta, la via aerea virtuale è anche fisiologicamente realistica. Il paziente virtuale respira, tosse, sanguina e mostra cambiamenti nei segni vitali.

Il realismo visivo e funzionale delle simulazioni grafiche di questo dispositivo permette all'operatore di svolgere un esame broncoscopico completo del nasofaringe, laringe, trachea e bronchi. L'anestetico locale virtuale o i lavaggi di soluzione salina sono instillati attraverso il broncoscopio simulatore usando un pedale o un click del mouse. Toccare le pareti della via aerea virtuale causa tosse. Una simulazione del muco sulla punta del broncoscopio può causare un offuscamento bianco o rosso (red out) durante il quale la visualizzazione della via aerea è oscurata. Questi eventi sono simili a quelli che accadono quando la punta di un broncoscopio reale è inavvertitamente incuneata contro il muco o la mucosa.



FIGURA 1. Il dispositivo di addestramento di broncoscopia in RV comprende un carrello, un computer, un monitor, una stampante, un broncoscopio flessibile simulatore, una tastiera. Mentre l'operatore esegue la BFF attraverso la narice sinistra, apprezza una resistenza realistica durante la manipolazione del broncoscopio flessibile simulatore.

Gli utenti possono scegliere fra diversi scenari virtuali di broncoscopia sulla base di esempi clinici reali. Questi includono: l'ispezione del normale tratto respiratorio, tumori endobronchiali e l'esecuzione di una biopsia endobronchiale, il brushing o il BAL. Per gli scopi di questo studio, tutto l'insegnamento, le sessioni di pratica e i test si sono limitati a differenti scenari di ispezione broncoscopica della normale anatomia laringo-tracheo-bronchiale. Non è stata usata nessuna procedura diagnostica che coinvolgeva strumenti accessori simulati come le pinze o le spazzole.

Per effettuare la BFF, il broncoscopio simulatore è inserito manualmente nel dispositivo attraverso la narice di un modello di faccia in plastica (Fig. 1). L'anestesia locale è somministrata nelle vie aeree attraverso il click o il pedale. Durante l'esame, gli utenti ispezionano il nasofaringe, le corde vocali, l'albero tracheo-bronchiale, identificando elettivamente reperi anatomici utilizzando una speciale funzione di mappatura (Fig. 2). Gli utenti possono rispondere alla tosse legata alla procedura o alle secrezioni trattenute, aspirando o cambiando la posizione del broncoscopio nelle vie aeree. Il simulatore registra la durata di



FIGURA 3. Usando un modello inanimato di broncoscopia l'operatore esegue una videobroncoscopia attraverso la narice sinistra mentre si vedono sullo schermo le immagini dell'anatomia di segmento tracheo-bronchiale. L'estremità distale del videobroncoscopio è facilmente visibile all'interno dell'albero tracheo-bronchiale di plastica quando il pezzo frontale ribaltabile del modello inanimato è sollevato.



FIGURA 2. L'anatomia di segmento tracheo-bronchiale appare ben strutturata e realistica sullo schermo, simile alle immagini che si vedono durante gli esami di videobroncoscopia. Una funzione di mappatura etichetta l'anatomia segmentale qualora servisse.

ciascuna procedura, la quantità di anestetico locale utilizzato, il numero e la sequenza dei segmenti bronchiali ispezionati, il numero di urti con la parete tracheo-bronchiale e la durata del red out (definito come il tempo durante il quale l'anatomia delle vie aeree non può essere visualizzata a causa dell'improprio posizionamento del broncoscopio per eccessiva spinta, urto o perdita della direzione).

#### *Modello inanimato di broncoscopia*

Questo ben noto modello di testa e torace (Laerdal Airway Management Trainer; Laerdal; Stavanger, Norway) comprende una laringe di plastica ed un albero tracheo-bronchiale che permettono agli utenti di ispezionare completamente le strutture delle vie aeree superiori ed inferiori (Fig. 3). La broncoscopia è stata effettuata sia attraverso il naso che attraverso la bocca. Durante la broncoscopia l'operatore non poteva vedere il modello tracheo-bronchiale all'interno del torace. Un pannello ribaltabile nella parete toracica anteriore può essere sollevato in qualunque momento, fornendo accesso al modello del tratto aereo e all'osservazione della procedura "dall'esterno".

La BFF nel modello inanimato è stata effettuata utilizzando un videobroncoscopio (Olympus BFP 200; Olympus; Long Beach, CA). Le procedure sono state registrate ed osservate da ispettori (H.G.C. e S.W.C.) che hanno monitorato la procedura osservando lo schermo e guardando l'ispezione bronchiale attraverso il pannello ribaltabile nella parete toracica anteriore del modello.

#### *Protocollo di studio*

*Test di esecuzione pre-addestramento del gruppo di studio:* Dopo la sessione d'istruzione didattica di gruppo, gli allievi più giovani hanno eseguito una ispezione broncoscopica della normale anatomia laringo-tracheo-bronchiale utilizzando prima il simulatore e poi il modello inanimato. Dato che i giovani allievi non avevano mai visto prima il modello inanimato, è stata data a ciascuno la possibilità di familiarizzare per 10 minuti con il videobroncoscopio e il modello inanimato prima del test. Gli allievi sono stati istruiti a svolgere una procedura completa come se stessero cercando una fonte di emorragia in un paziente con

emottisi. Immediatamente prima del test è stata data la possibilità a ciascun giovane allievo di svolgere un esame broncoscopico completo di pratica al simulatore e al modello inanimato.

*Test di esecuzione post-addestramento del gruppo di studio:* Dopo aver completato un massimo di 4 ore di pratica individuale non supervisionata al simulatore di broncoscopia, i giovani allievi sono stati testati ancora al simulatore utilizzando uno scenario, che non avevano precedentemente visto, della normale anatomia laringo-tracheo-bronchiale. Non è stata data la possibilità a nessuno degli allievi di far pratica al modello inanimato durante la settimana precedente. Le istruzioni e le osservazioni degli ispettori durante le sessioni di valutazione dell'addestramento erano identiche a quelle usate per il test pre-addestramento. A ciascuno studente è stata data ancora la possibilità di svolgere una pratica completa di BFF al simulatore e al modello inanimato prima del test.

*Gruppo di controllo:* Dopo una sessione di 30 minuti di pratica non supervisionata utilizzando il simulatore di broncoscopia, i medici esperti sono stati testati al simulatore e quindi al modello inanimato, utilizzando un protocollo identico a quello usato per i giovani allievi. Sebbene ciascun medico esperto avesse avuto precedenti esperienze utilizzando un videobroncoscopio e il modello inanimato durante il proprio corso di studi, 10 minuti aggiuntivi sono stati loro concessi cosicché potessero familiarizzare maggiormente con entrambi prima del test.

#### Misure ottenute

Utilizzando il simulatore di broncoscopia in RV, una registrazione generata dal computer ha identificato gli elementi di abilità manuale che abbiamo definito come (1) *destrezza*, il numero di contatti con la parete tracheobronchiale per minuto di BFF e il numero di minuti di red out per minuto di BFF; (2) *accuratezza*, la completezza dell'esame misurata dal numero di segmenti bronchiali tralasciati; (3) *velocità*, la durata della BFF dall'inizio alla fine. Nel modello inanimato, la velocità (durata) e l'accuratezza (numero di segmenti bronchiali tralasciati) sono stati valutati da un ispettore che vedeva la procedura sullo schermo, mentre un'altro contava il numero di segmenti bronchiali imboccati osservando la procedura attraverso il pannello ribaltabile sollevato nella parete toracica anteriore del modello. Tutte le procedure nel modello inanimato sono state videoregistrate per una revisione off-line da parte degli ispettori per una maggiore accuratezza.

#### Analisi statistiche

È stato usato il test *t* di Student per comparare i punteggi medi dei gruppi di studio e di controllo di ciascuna categoria, sia per il modello inanimato che per il simulatore di broncoscopia in

RV. Le comparazioni fra i punteggi dei test pre-addestramento e post-addestramento sono state fatte utilizzando test *t* per dati appaiati. Per le comparazioni tra i punteggi degli allievi giovani post-addestramento e dei medici esperti, sono stati usati test *t* per dati non appaiati. Le differenze sono state considerate statisticamente significative per  $p < 0.05$ .

## RISULTATI

Tutti gli allievi più giovani hanno completato il loro corso individuale di addestramento non supervisionato utilizzando il simulatore. Quattro soggetti del gruppo di studio si sono addestrati per tutti i 240 min concessi, mentre un soggetto si è addestrato per 210 min. La durata media di ciascuna sessione di pratica individuale è stata di 78 min (intervallo da 30 a 160 minuti). Prima di questo studio gli allievi giovani avevano avuto solo un minimo contatto con la BFF, avendo ciascuno osservato precedentemente o partecipato ad una media di 10 procedure durante la propria formazione medica (intervallo da 0 a 15 procedure).

Gli allievi più giovani hanno migliorato significativamente la loro destrezza ed accuratezza in entrambi i modelli (Tabelle 1, 2). Hanno tralasciato meno segmenti dopo l'addestramento rispetto a prima e hanno avuto meno contatti con la parete bronchiale. Questi miglioramenti non sono stati accompagnati comunque da un miglioramento statisticamente significativo nella velocità di esecuzione dell'esame (Tabelle 1, 2). Il tempo totale speso non visualizzando l'anatomia del tratto aereo (a causa del red out) è rimasto immutato.

Non ci sono state differenze statisticamente significative tra i punteggi dei giovani dopo l'addestramento e dei medici esperti. Inoltre, i giovani dopo l'addestramento hanno svolto più esami completi, tralasciando significativamente meno segmenti rispetto ai medici esperti in entrambi i modelli inanimato e di simulazione virtuale (Tabelle 3, 4). È stata notata comunque una tendenza verso il miglioramento nella velocità, meno contatti con la parete bronchiale per minuto di broncoscopia e meno tempo speso nel red out nel gruppo dei medici esperti.

**Tabella 1—Risultati degli allievi giovani (n = 5) ottenuti usando il simulatore di broncoscopia in RV prima e dopo l'addestramento in RV\***

Misure ottenute	Pre-Addestramento RV	Post-Addestramento RV	p value
Velocità (durata della broncoscopia), min:s	10:20 (7:14-14:52)	10:16 (6:46-14:56)	0.487
Destrezza (contatti con la parete bronchiale per minuto di broncoscopia), n.	13.8 (10.1-17.0)	11.4 (7.5-14.8)	0.022†
Tempo in red out, %	34 (24-49)	26 (9-42)	0.183
Accuratezza (segmenti tralasciati), n.	4.4 (2-7)	0.8 (0-3)	0.029†
Percentuale del totale	25 (39-12)	4.5 (0-17)	

\*I dati sono presentati come media (intervallo).

†Significativo per  $p < 0.05$ .

**Tabella 2—Risultati degli allievi giovani (n = 5) ottenuti usando il modello inanimato prima e dopo l'addestramento in RV\***

Misure ottenute	Pre-Addestramento RV	Post-Addestramento RV	p value
Velocità (durata della broncoscopia), min:s	6:47 (4:10-9:10)	5:47 (3:51-8:01)	0.204
Accuratezza (segmenti tralasciati), n.	2.8 (1-5)	0	0.007†
Percentuale del totale	17 (28-06)	0	

\*I dati sono presentati come media (intervallo).

†Significativo per  $p < 0.05$ .

## DISCUSSIONE

La BFF è una procedura endoscopica comunemente eseguita per la diagnosi ed il trattamento di una varietà di disturbi del tratto respiratorio e polmonari. Più di 500000 di queste procedure sono eseguite ogni anno da pneumologi, otorinolaringoiatri, anestesisti e chirurghi toracici.<sup>9</sup> La competenza presunta nella BFF è tradizionalmente raggiunta durante il corso di specializzazione post laurea. Per gli pneumologi, questo implica da 2 a 3 anni di corso finanziato dopo il tirocinio in medicina interna.<sup>10</sup> Durante il corso finanziato i giovani broncoscopisti imparano a manipolare il broncoscopio flessibile a fibre ottiche o video (i prezzi per questi fragili strumenti vanno da \$16000 a \$20000) inizialmente osservando i loro tutor che eseguono una procedura e successivamente svolgendo esami loro stessi sotto la supervisione dei loro docenti. Le abilità manuali e tecniche vengono gradualmente acquisite, insieme alle capacità di prendere una decisione e di interpretazione, attraverso una combinazione di confronti individuali, esperienze pratiche sul paziente e letture didattiche tenute a conferenze nazionali.

Malgrado la pratica largamente diffusa della broncoscopia flessibile diagnostica, non ci sono linee guida consolidate fra i vari paesi per assicurare un'acquisizione uniforme delle capacità di base e la competenza in questa procedura e non ci sono neanche linee guida per assicurare un addestramento uniforme e la competenza nelle tecniche di

diagnosi avanzata di broncoscopia flessibile, come la biopsia transbronchiale con ago-aspirato o la broncoscopia in fluorescenza. In uno studio recente<sup>11</sup> sponsorizzato dall'American Association for Bronchology, l'87% degli pneumologi intervistati credevano che più di 50 procedure di BFF di base fossero sufficienti per diventare competenti. Tale percentuale è significativamente maggiore rispetto al 61% degli pneumologi che avevano la stessa opinione 10 anni prima.<sup>12</sup> Inoltre più del 50% di coloro che avevano risposto hanno ammesso che la loro formazione alle più nuove procedure diagnostiche broncoscopiche, come l'ago-aspirato transbronchiale, sia stata insufficiente durante il corso di studi.

Haponik et al<sup>13</sup> hanno riportato recentemente l'opinione di allievi anziani di pneumologia riguardo il loro addestramento alla broncoscopia. La maggior parte degli allievi aveva un'alta stima della propria esperienza, sebbene era stata notata una significativa variabilità nell'addestramento. In coloro che ritenevano di avere maggiore perizia, questa era perlopiù correlata con l'insegnamento individuale. Gli autori credono che "è necessario uno sforzo per valutare e migliorare la qualità dell'addestramento alla broncoscopia". Questa necessità di "migliorare gli sforzi nell'addestramento per raggiungere risultati di competenza del laureato e di sicurezza del paziente" era stata ripresa in un editoriale<sup>14</sup> che si rivolgeva ai direttori dei corsi di specializzazione in pneumologia e terapia intensiva.

**Tabella 3—Risultati ottenuti dagli allievi giovani usando il simulatore di broncoscopia in RV dopo l'addestramento in RV (n = 5) comparati con quelli dei medici esperti (n = 4)\***

Misure ottenute	Allievi giovani Post-Addestramento RV	Medici esperti	p value
Velocità (durata della broncoscopia), min:s	10:16 (6:46-14:56)	7:01 (6:58-7:55)	0.062
Destrezza (contatti con la parete bronchiale per minuto di broncoscopia), n.	11.4 (7.5-14.8)	9.8 (8.1-12.1)	0.18
Tempo in red out, %	26 (9-42)	24 (10-34)	0.43
Accuratezza (segmenti tralasciati), n.	0.8 (0-3)	5.25 (3-8)	0.009†
Percentuale del totale	4.5 (0-17)	29 (17-45)	

\*I dati sono presentati come media (intervallo).

†Significativo per  $p < 0.05$ .

**Tabella 4—Risultati ottenuti dagli allievi giovani usando il modello inanimato dopo l'addestramento in RV (n = 5) comparati con quelli dei medici esperti (n = 4)\***

Misure ottenute	Allievi giovani Post-Addestramento RV	Medici esperti	p value
Velocità (durata della broncoscopia), min:s	5:47 (3:51-8:01)	5:11 (3:45-7:15)	0.33
Accuratezza (segmenti tralasciati), n.	Nessuno	3.25 (1-7)	0.045†
Percentuale del totale	0	17 (5-38)	

\*I dati sono presentati come media (intervallo).

†Significativo per  $p < 0.05$ .

Raggiungere competenza in una procedura medica invasiva come la broncoscopia, tuttavia richiede, innanzitutto, che gli operatori acquisiscano capacità manuali e tecniche come la destrezza, la completezza delle tecniche d'esame e l'abilità di lavorare rapidamente e delicatamente; le procedure sono eseguite in pazienti completamente svegli o utilizzando una leggera sedazione. Idealmente i broncoscopisti dovrebbero anche approfondire protocolli che assicurano la sicurezza del paziente, dello strumento e dell'operatore così come acquisire conoscenze e capacità di prendere una decisione.

Tradizionalmente le capacità manuali e tecniche sono acquisite man mano che i broncoscopisti eseguono un maggior numero di procedure. Queste capacità possono essere sviluppate durante il lavoro, ma anche sugli animali da laboratorio o usando modelli inanimati di plastica come il modello delle vie aeree usato in questo studio. Questi metodi d'insegnamento tuttavia non producono studenti con criticismo costruttivo né forniscono opportunità di ripetere e correggere manovre errate, fintantoché non è presente un istruttore, che individualmente stima la performance e dimostra le tecniche proprie ed improprie di questa procedura. Inoltre la costituzione rigida della maggior parte dei modelli inanimati rischia di danneggiare strumenti fragili e costosi come un broncoscopio flessibile a fibre ottiche o un videobroncoscopio. È ancora più importante la simulazione di eventi di vita reale come i movimenti respiratori, la chiusura delle corde vocali, le secrezioni che ostruiscono le vie aeree, la tosse o la compromissione emodinamica dovuta alla procedura e altri eventi collaterali che sono impossibili in modelli animali o inanimati.

L'ambiente virtuale non ha nessuno degli svantaggi sopradetti. Infatti i risultati del nostro studio, malgrado il piccolo numero di soggetti, mostrano che un corso breve e mirato di formazione e pratica non supervisionata utilizzando un simulatore di broncoscopia virtuale, permette agli allievi giovani di raggiungere un livello di capacità manuali e tecniche di base nello svolgere ispezioni broncoscopiche diagnostiche complete dell'albero tracheobronchia-

le. Inoltre, gli allievi giovani hanno acquisito abilità manuali, utilizzando il simulatore di broncoscopia virtuale, simili a quelle dei colleghi più anziani con diversi anni di esperienza clinica di broncoscopia. Le capacità acquisite nell'ambiente virtuale non si sono limitate a quell'ambiente, perché erano rapidamente riproducibili in un modello convenzionale inanimato di addestramento per le vie aeree. Il miglioramento delle capacità di broncoscopia sul modello inanimato, legato all'addestramento al simulatore, suggerisce che si sarebbero potute avere anche migliori performance direttamente sul paziente. Queste conclusioni rinforzano i risultati recentemente pubblicati sotto forma di abstract, in cui altri studiosi notano che questo simulatore di broncoscopia può distinguere vari livelli di esperienza clinica fra i principianti e i broncoscopisti esperti.<sup>15,16</sup> La durata della broncoscopia, il tempo in red out, e gli urti con le pareti delle vie aeree per gli allievi esperti e non, erano simili tra gli studi menzionati e il presente lavoro. Più che correlare i livelli di esperienza tuttavia il nostro studio dimostra chiaramente che le capacità tecniche e manuali, come la completezza d'esame, la destrezza e la velocità possono essere rapidamente acquisite in un ambiente basato sulla simulazione al computer.

Nelle specialità mediche e chirurgiche come la cardiologia, la chirurgia laparoscopica e l'anestesiologia, la tecnologia simulativa è già stata accettata per la formazione di abilità e la stima della competenza.<sup>17-20</sup> Utilizzando dispositivi come l'Eagle (CEA Electronics; Binghamton, NY) o il McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills (Montreal, Canada), si è visto che gli studenti migliorano le capacità tecniche così come quelle cliniche.<sup>1</sup> Il lavoro è ancora in corso per determinare se l'addestramento al simulatore migliori l'acquisizione di conoscenze e la ritenzione delle stesse, in confronto con le tecniche d'insegnamento tradizionali. I risultati del nostro studio supportano la nostra opinione che l'inserimento della tecnologia simulativa per addestrare i broncoscopisti genererà una rivoluzione nell'addestramento alle procedure pneumologiche. Invece di usare il sistema ortodosso per

sviluppare competenza vedendo, facendo e insegnando procedure su pazienti reali, le capacità possono essere prontamente acquisite utilizzando un simulatore virtuale. In questo modo, l'addestramento alla broncoscopia comprende prontamente un'azione deliberata, una reazione e opportunità di ripetizione, correzione di errori e capacità di insegnamento individualizzato, tutte componenti chiave del processo educativo. La presenza di un istruttore (che perde tempo) non è normalmente necessaria durante le sessioni di addestramento, dato che gli allievi possono scegliere fra diversi scenari per ripetere e far pratica sulle procedure a loro piacere. Un feedback sulla loro performance può essere ottenuto da report generati dal computer o dalla revisione video, migliorando sostanzialmente l'apprendimento supplementare rispetto al solo confronto individuale con un istruttore esperto.

Imparare attraverso la simulazione, perciò, raccoglie l'invito di Haponik et al<sup>13</sup> e fornisce un mezzo per stimare e migliorare contemporaneamente la qualità uniforme dell'addestramento broncoscopico. Questa tecnologia non solo cambierà drammaticamente le strategie di addestramento per gli endoscopisti, ma sarà alla lunga adottata nella valutazione della competenza medica procedurale, analogamente alla simulazione di volo per i piloti dei voli commerciali.

**RICONOSCIMENTO:** Gli autori ringraziano HT Medical Systems Inc, Gaithersburg, MD, per l'uso del loro equipaggiamento.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 Issenberg SB, McGaghie WC, Hart IR, et al. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *JAMA* 1999; 282:861-867
- 2 Rolfe JM, Staples KJ. *Flight simulation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986; 232-249
- 3 Ressler EK, Armstrong JE, Forsythe GB. Military mission rehearsal. In: Tekian A, McGuire C, McGaghie WC, eds. *Innovative simulations for assessing professional competence*. Chicago, IL: Department of Medical Education, University of Illinois Medical Center, 1999; 157-174
- 4 Satava RM, Jones SB. Virtual reality. In: Satava RM, ed. *Cybersurgery, advanced technologies for surgical practice*. New York, NY: Wiley-Liss, 1998; 75-95
- 5 Ursino M, Tasto JL, Nguyen BH, et al. CathSim: the first low-cost intravascular catheterization simulator on a PC. In: *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality 7*; San Francisco, CA; January 20-23, 1999; 360-366
- 6 Psotka J. Immersive training systems: virtual reality and education and training. *Instructional Sci* 1995; 23:405-431
- 7 Bro-Nielsen M, Tasto JL, Cunnigham RL, et al. PreOp endoscopic simulator: a PC-based immersive training system for bronchoscopy. In: *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality 7*; San Francisco, CA; January 20-23, 1999; 76-82
- 8 Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, et al. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J Surg* 1998; 175:482-487
- 9 Centers for Disease Control and Prevention. *Vital and health statistics: ambulatory and inpatient procedures in the United States, 1996*. Hyattsville, MD: US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, 1998; DHHS publication 99-1710
- 10 Committee on Bronchoesophagology. Standards for training in endoscopy. *Chest* 1976; 69:665-666
- 11 Colt HG, Prakash UBS, Offord KP. Bronchoscopy in North America; survey by the American Association for Bronchology, 1999. *J Bronchol* 2000; 7:8-25
- 12 Prakash UBS, Offord KP, Stubbs SE. Bronchoscopy in North America: the ACCP survey. *Chest* 1991; 100:1668-1675
- 13 Haponik EF, Russell GB, Beamis JF, et al. Bronchoscopy training: current fellows' experiences and some concerns for the future. *Chest* 2000; 118:625-630
- 14 Torrington KG. Bronchoscopy training and competency: how many are enough [editorial]. *Chest* 2000; 118:572-573
- 15 Britt EJ, Tasto JL, Merrill GL. Assessing competence in bronchoscopy by use of a virtual reality simulator. In: *Proceedings of the Jubilee 10th World Congress for Bronchology and 10th World Congress for Bronchoesophagology*. Budapest, Hungary; June 14-17, 1998; 10
- 16 Mehta AC, Ost D, Salinas SG, et al. Objective assessment of bronchoscopy skills by a bronchoscopy training simulator [abstract]. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:A234
- 17 Gordon MS, Ewy GA, Felner JM, et al. Teaching bedside cardiologic examination skills using "Harvey" the cardiology patient simulator. *Med Clin North Am* 1980; 64:305-313
- 18 Derossis AM, Bothwell J, Sigman HH, et al. The effect of practice on performance in a laparoscopic simulator. *Surg Endosc* 1998; 12:1117-1120
- 19 Abrahamson S, Denson JS, Wolf RM. Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents. *J Med Educ* 1969; 44:515-519
- 20 DeAnda A, Gaba DM. Role of experience in the response to simulated critical incidents. *Anesth Analg* 1990; 71:77-82